

Evaluación de la calidad ambiental del ecosistema de la bahía de Ancón durante octubre 2013

Evaluation of environmental quality of the ecosystem of the Bay of Ancon during October 2013

Walter Arévalo¹, Manuel Maldonado¹, Silvia Iglesias¹, Carlos Cabrera¹, Lia Concepción¹

RECIBIDO: 20/10/2015 - APROBADO: 22/12/2015

RESUMEN

El objetivo de este artículo es dar a conocer los resultados del estudio de investigación llevado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en el año 2013. Uno de los objetivos del estudio fue la evaluación de la calidad ambiental del ecosistema de la bahía de Ancón, que se realizó mediante un monitoreo de los principales parámetros físicos, químicos y biológicos en la zona litoral y zona marina de la bahía. Los resultados fueron contrastados con los límites máximos permisibles establecidos en el estándar de calidad ambiental de agua correspondiente a la categoría 2 (actividades marino costeras) y 4 (conservación del medio ambiente acuático) del D.S. N° 002-2008-MINAM.

La bahía de Ancón es un ecosistema natural, valioso por su complejidad, belleza paisajística y sustento de actividades como la pesca, el turismo y el comercio. Sin embargo, está sujeta a posibles impactos ambientales producto de actividades humanas.

Los resultados de la evaluación muestran que las condiciones de temperatura presentes en este estudio fueron normales, con ligero proceso de enfriamiento por debajo del promedio en 0.6 °C; las condiciones de distribución de oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos totales y DBO5 indican que el ecosistema funciona relativamente normal en la bahía.

Respecto a los parámetros de fosfatos y silicatos se hallaron en altas concentraciones; además de la presencia de 2,000 a 3,100 NMP de coliformes fecales, que indicarían niveles de contaminación en la zona próxima al muelle artesanal de Ancón, donde se han observado dos zonas con influencia de cargas orgánicas antrópicas provenientes del aporte del río Rímac, Chillón y colector de Comas (Estaciones 1, 4 y 5).

Palabras clave: Evaluación, ecosistema, bahía.

ABSTRACT

This study presents findings of a research conducted in year 2013 at the research institute of the geological, mining, metallurgical and geographical engineering Faculty of the San Marcos National Major University.

The objective of the study was to evaluate the environmental quality of Ancon Bay ecosystem by monitoring main physical, chemical and biological variables along the coastal and marine bay zones. Results were compared with maximum limits set by the Environmental Quality Standard for water, category 2 (coastal, marine activities) and category 4 (aquatic environmental conservation) D.S. N° 002-2008-MINAM.

Ancon Bay is a valuable natural ecosystem due to its complexity, scenic fairness supporting activities such as fishing, tourism and trade; however, it may be exposed to potential environmental impacts resulting from human activities.

The evaluation results show that present temperature conditions were normal with slight cooling process of 0.6 °C below average during the study period; Conditions of distribution of dissolved oxygen, pH, total solids suspension and BOD5 suggest for the ecosystem to work relatively normal at the bay.

¹ Docentes de la Escuela de Ingeniería Geográfica - Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica - Universidad Nacional mayor de San Marcos. E-mail: warevalog@unmsm.edu.pe

In addition to high concentrations of phosphates and silicates, fecal coliforms in the range of 2,000 to 3,100 NMP were measured confirming a level of pollution in the area near the bay artisanal dock. Two zones influenced by anthropogenic organic loads were detected coming from contributions of the Comas collector and also from Rimac and Chillón rivers (stations 1, 4 and 5).

Keyword: Evaluation, Ecosystem, Bay, phosphate, silicate, coliform.

I. CARACTERÍSTICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La bahía de Ancón se ubica aproximadamente a 42.6 km de distancia del puerto del Callao, a 35.2 km de la desembocadura del río Rímac y a 24.1 km de la desembocadura del río Chillón, ambas en el litoral del Callao. Así mismo, entre la desembocadura del río Rímac y del río Chillón, se ubica el colector de Comas, que deposita las aguas servidas del sector de Lima norte y del Callao. Estos tres lugares son factores determinantes como fuentes de aportes de materiales orgánicos e inorgánicos, incluidos desechos sólidos urbanos que llegan al océano y, por la dinámica de transporte de la Corriente Costera Peruana, llegan hasta la zona litoral de la bahía de Ancón produciendo fuertes niveles de contaminación del ambiente marino, particularmente durante el periodo de verano, cuando el flujo de los ríos se incrementa.

El crecimiento demográfico en la ciudad de Lima ha obligado a que muchos espacios cercanos a la capital, como el distrito de Ancón, sean rápidamente urbanizados sin ninguna planificación, generando presión en los ecosistemas de la bahía.

El presente estudio es de utilidad en los procesos de gestión ambiental de las zonas costeras debido a la importancia de estos ecosistemas en la regulación del clima y mantenimiento de la diversidad biológica.

I.1. Clima

Temperatura: La temperatura ambiental no supera los 21.15 °C ni desciende a menos de 15.99 °C, siendo los meses de febrero el más caliente y julio el más frío. El efecto moderador del mar evita que la amplitud térmica anual de la zona sea de gran magnitud.

Precipitación: La precipitación es muy escasa y no supera los 2 mm mensuales, ocurriendo las máximas en el mes de enero.

Vientos: Los vientos predominantes son de SW, con velocidades que durante la mañana oscilan entre 0.1 y 3 m/s y en la noche entre 3 y 6 m/s.

I.2. Geología y geomorfología

En Ancón se ha identificado el Gran Paisaje Fluvial y Marino, el relieve variable con pendientes desde 0% hasta 90 %, constituyendo los acantilados ubicados al extremo sur de la bahía. Localmente se presenta un relieve llano con cierta inclinación que sobrepasa el 14%.

Se presentan dos unidades geomorfológicas:

1. Borde litoral, que comprende el área de tierra firme adyacente a la línea litoral, expuesta a la acción de las olas marinas. Se extiende de sureste a noreste en

forma de una faja de ancho variable; está conformado por la bahía de Ancón y las playas adyacentes.

2. Planicies costeras, que constituyen en amplias superficies cubiertas por gravas y arenas provenientes del transporte y sedimentación del río Rímac y principalmente por acarreo eólico, proveniente de las playas que corren con dirección suroeste-noreste.

Según la batimetría, el fondo marino se muestra regular y de pendiente bastante suave con isobatas que se distribuyen paralelas a la línea costera, sin presentar mayores irregularidades, siendo prácticamente una gran planicie. Frente al área de estudio, las profundidades muestran pendientes regulares.

I.3. Actividades económicas

Las principales actividades económicas son: servicios (61.15%), producción (15.12%) y comercio (14.14%). Entre las actividades productivas destaca la pesca artesanal.

PESCA

Creado como pueblo de pescadores hace 40 siglos por la civilización indígena Ancón-Supe, una de las más antiguas de la costa peruana. Durante la colonia hispana, el lugar fue conocido como "Pueblo de Pescadores de Ancón". Su producción (15.12%) le hace la segunda actividad económica más importante del distrito, destacando la pesca artesanal como una de las principales.

TURISMO

La bahía siempre fue un lugar de interés para la población. Fue utilizada como puerto durante la guerra del Pacífico; incluso se firmó el histórico Tratado de Ancón, que diera fin a esa contienda el 20 de octubre de 1883.

Su cercanía a la capital y su mar tranquilo prácticamente hizo que, hasta los años sesenta, Ancón fuera el balneario más exclusivo de Lima, siendo lugar de visita de presidentes de la República, empresarios, magnates, escritores, actores, músicos y cantantes famosos. Eso explica que existan edificios modernos y casonas del siglo XIX y principios del siglo XX.

Sus principales atractivos turísticos son:

Circuito de playas: Conformado por las playas Miramar, Conchitas, San Francisco y Los Calatos.

Islas e islotes: Se trata de un sistema conformado por 13 islas e islotes que son hábitat temporal de aves marinas como la gaviota peruana (*Larus belcheri*), el guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*), la chuita (*Phalacrocorax gaimardi*), el zarcillo (*Larosterna inca*), el camanay (*Sula*

nebouxii), el piquero (*Sula variegata*), el pelícano (*Pelecanus thagus*), y mamíferos marinos como el lobo chusco (*Otaria byronia*). Desde la ocurrencia del fenómeno de El Niño del año 1997-1998, en las islas habitan pequeñas poblaciones del pingüino de Humboldt, atrayendo el interés de los turistas.



Figura N° 1. Vista panorámica de la bahía de Ancón.
Fuente: Elaboración propia.

I.4. Gestión ambiental

Respecto a la gestión ambiental de la bahía, encontramos algunas medidas políticas generales establecidas en el reglamento de organización y funciones de la municipalidad de Ancón. No se conocen, existen o difunden medidas específicas para proteger la bahía.

II. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente estudio se establecieron dos zonas de estudio para los trabajos de monitoreo de campo. La primera en la zona litoral, donde se seleccionaron cuatro ambientes ubicados en playa Hermosa (PH), dos en el muelle Ancón (MA-1 y MA-2) y otro en la playa Miramar (CA-1) y la segunda en la zona marina, con ocho estaciones en niveles superficial y cerca del fondo (ver Figura N° 1). Los trabajos de campo se ejecutaron el 12 y 15 de octubre de 2013, las estaciones de trabajos precedentes nos sirven para compararlos, por ser muy indicativas y por pertenecer a las zonas de mayor actividad por parte de la población.

La red de estaciones señaladas estuvieron conformada por trece estaciones (Tabla N° 1 y Figura N° 2), cuatro estaciones de ambientes intermareales o de orilla y nueve en la zona marina, distribuidas en tres transectos que cubrieron el ámbito de la bahía, considerando muestras de superficie y fondo en las estaciones 8 y 10. En las demás estaciones se consideró solo superficie.

Tabla N° 1 Ubicación de estaciones de muestreo en bahía Ancón

Estación / Nivel	Posiciones geográficas	
	Latitud	Longitud
MA-1	11° 46' 20.9''	77° 10' 35.9''
MA-2	11° 46' 21.2''	77° 10' 35.9''
PCA-1	11° 45' 56.9''	77° 10' 18.3''
PH-1	11° 46' 28.0''	77° 11' 05.0''
1	11° 46' 14.5''	77° 11' 04.2''
4	11° 45' 51.0''	77° 11' 40.8''
5	11° 45' 55.0''	77° 12' 45.6''
8	11° 44' 08.0''	77° 12' 43.0''
9	11° 41' 11.0''	77° 12' 40.0''
10	11° 45' 09.4''	77° 11' 38.6''
11	11° 44' 06.8''	77° 11' 49.0''
13	11° 44' 08.4''	77° 10' 31.7''
14	11° 45' 07.7''	77° 10' 31.7''

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 2. Carta de posición de estaciones. Evaluación ambiental bahía de Ancón. **Fuente:** Elaboración propia.

Los parámetros seleccionados como indicadores de calidad ambiental evaluados fueron: oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), pH, sólidos suspendidos, temperatura, nutrientes (NO_2 , NO_3 , PO_4 y SiO_3) y coliformes fecales.

Los datos de temperatura, conductividad y pH fueron registrados in situ con un equipo multiparámetro portátil marca Lovibond, debidamente calibrado y las muestras de agua de mar fueron tomadas utilizando una botella tipo Niskin de 5 litros. Ver Tabla N° 2.



Figura N° 3. Toma de muestra con botella Niskin.
Fuente: Elaboración propia.

Los nutrientes representados por fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$), silicatos ($\text{SiO}_3\text{-Si}$), nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$) y nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$) fueron analizados en el laboratorio del Imarpe según el método volumétrico-espectrofotométrico de *Strickland and Parsons. 1972*.

El oxígeno disuelto y la DBO_5 fueron analizados en el laboratorio de la EAP de Ingeniería Geográfica mediante el método EPA 360.2 Oxygen, Dissolved, Modified Winkler Full Bottle Technique; "Methods for Chemical Analysis of Water and Waste; Document 20460; EPA 621-C-99-004, June 1999".

Los resultados obtenidos fueron comparados con parámetros guía utilizados por las autoridades competentes nacionales, en este caso se utilizaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), establecidos en el D.S. 002-2008-MINAM, referidos a la Categoría 1 Subcategoría B1 y B2 Aguas de Recreación de Contacto Primario y Contacto Secundario respectivamente, Categoría 2 Actividades Marino Costeras Subcategoría 2 Extracción y Cultivo de Especies Hidrobiológicas y de Categoría 4 Conservación de Ambiente Acuático Subcategoría Ecosistemas Marinos Costeros. Para el caso de los nutrientes, los resultados fueron comparados con los valores máximos y mínimos que el ecosistema marino peruano puede desarrollarse normalmente, según Zuta y O. Guillén, 1970.

El análisis microbiológico se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Biológicas, determinándose los números más probables (NMP) de presencia de coliformes fecales en siete estaciones, de las cuales cuatro correspondieron a las estaciones de la zona litoral (intermareal) y tres a estaciones marinas dentro del ámbito de la bahía de Ancón (Estaciones 1, 8 y 10).

2.1. Discusión de resultados

2.1.1. Condiciones físicas

Corrientes marinas. Existen condiciones de circulación similares tanto en los niveles superficiales como en los subsuperficiales, por lo que el flujo puede tener características barotrópicas. Se presentan cambios en la dirección de corrientes durante las etapas de marea ascendente y descendente. Las velocidades de corrientes dentro de la zona de estudios tienen un rango de variación entre 5 y 10 cm/s.

Las mareas tienen efecto significativo en la generación de las corrientes marinas, ya que no se aprecian variaciones importantes en los puntos de control definidos en el dominio del cálculo.

Olas. La bahía de Ancón se encuentra abierta hacia el noroeste, recibiendo el oleaje proveniente de esa dirección y parte del oleaje de la dirección oeste. El oleaje proveniente del tercer cuadrante (180 a 270N) no penetra con mayor energía en la bahía debido al abrigo natural proporcionado por la punta Mulatas, isla Grande y sus islotes vecinos y, en menor medida, la isla Hornigas de Tierra.

2.1.2. Temperatura del aire y temperatura superficial del mar

Las temperaturas del aire registraron valores de 15.8 a 18.6 °C, con diferencia entre 0.5 y 3.8 °C respecto a la temperatura superficial del mar, considerados como registro dentro de los valores normales en nuestro litoral.

La temperatura superficial del mar presentó registro entre 14.8 y 16.3 °C en la zona litoral y de 14.5 a 16.5 °C en la parte marina, con un promedio de 15.7 °C, que comparados con el promedio patrón del mes de octubre de la zona (Cuadrado Mardens 343-17) con registro de 16.3 °C, presenta una anomalía con valor de -0.6 °C, condiciones ligeramente debajo del promedio. Las temperaturas mayores de 16 °C se ubicaron cerca del litoral y las temperaturas menores de 15 °C estuvieron más alejadas. Ver Figura N° 3, 4, 5 y 6.

La distribución de la temperatura de fondo presentó valores entre 14.0 y 14.8 °C, con una media de 14.26 °C. Ambas temperaturas de superficie y fondo indican condiciones normales, características propias del ecosistema costero peruano.

Tabla N° 2. Resultados de los análisis de parámetros de calidad de agua mar en la bahía Ancón

HORA	ESTACIÓN/ NIVEL (m)	PARÁMETROS						
		TEMP. Air	TEMP. Mar	PH	OD	DBO5	STS	Col. Tot
		°C	°C		ml/L	mg/L	mg/L	NMP
10:00	MA-1	18.6	14.80		1.35	4.14		3100
12:50	MA-2	16.8	15.80		1.24	4.25		3010
11:06	PH	15.9	15.50		4.33	0.35		Ausente
14:10	PCA-1	16.3	16.30		6.80	2,17		Ausente
09:00	1 Superficie		14.50	7.4	5.0		7.8	2000
	1 Fondo (6)		14.20	7.5	3.1		7.9	
10:00	4 Superficie		14.50	7.5	4.6		8.2	
	4 Fondo (20)		14.10	7.5	4.6		8.9	
10:40	5 Superficie		15.00	7.6	10		11	
	5 Fondo (30)		14.00	7.6	9.6		11.4	
11:20	9 Superficie		14.80	7.7	8.6		13.3	
	9 Fondo (28)		14.10	7.5	8.3		13.7	
12:00	8 Superficie		15.10	7.7	6.1		15.4	Ausente
	8 Fondo (28)		14.00	7.5	5.1		16.5	
12:50	11 Superficie		15.00	7.9	5.3		17.8	
	11 Fondo (25)		14.30	7.6	4.8		19.1	
13:30	10 Superficie		14.70	7.8	2.8		20.6	Ausente
	10 Fondo (27)		14.50	7.6	3		22.0	
14:20	13 Superficie		16.5	7.8	3.2		25.7	
	13 fondo (8)		14.80	7.7	3.1		17.2	
15:00	14 Superficie		15.80	7.9	2.7		19.8	
	14 Fondo (10)		14.40	7.6	3.0		30.3	

Fuente: Elaboración propia

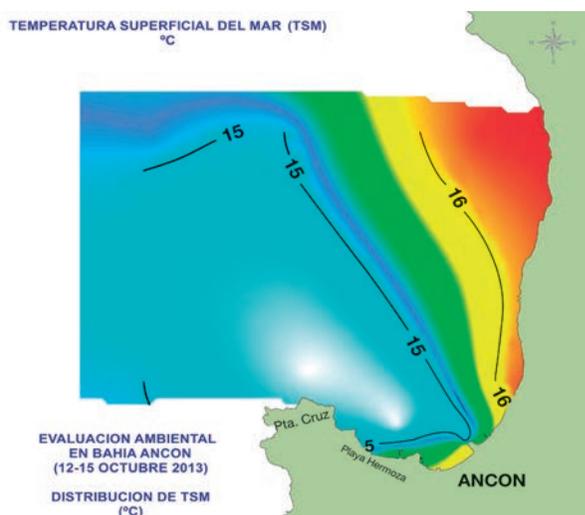


Figura N° 4. Distribución de la temperatura superficial del mar.
Fuente: Elaboración propia.

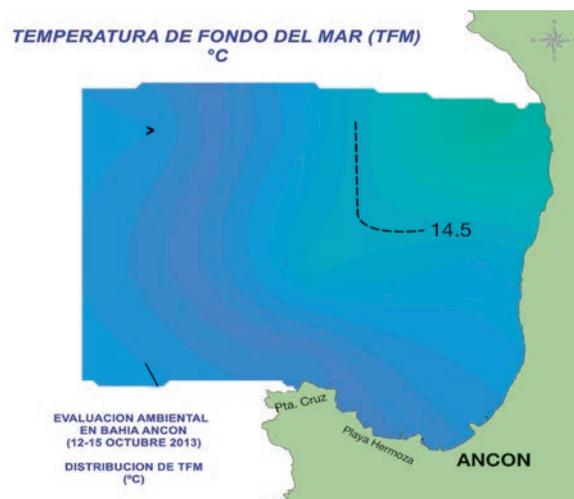


Fig. N° 5. Distribución de la temperatura del fondo del mar.
Fuente: Elaboración propia

2.1.3. Calidad del agua de mar

Para determinar la calidad del agua de mar se tomaron en cuenta los parámetros del oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y la distribución de nutrientes. Los resultados se presentan a continuación:

2.1.3.1. Oxígeno disuelto en el mar

La distribución del oxígeno disuelto en los niveles de superficie y de fondo presenta las siguientes condiciones: El oxígeno superficial presentó concentraciones significativas entre 2.7 ml/L y 3.86 mg/L (estación 14) a valores de 10.0 ml/L o 14.3 mg/L (estación 5) y una media de 5.04 ml/L, y en la capa de fondo con concentraciones de 3.0 ml/L o 4.29 mg/L en las estaciones 14 y 10 hasta 9.6 ml/L o 13.72 mg/L en estación 05, con una media de 4.95 ml/L. Las concentraciones de oxígeno, tanto superficial como de fondo, con niveles relativamente bajos entre 3 y 4 ml/L (3-6 mg/L), corresponden a las zonas del ecosiste-

ma litoral y las ubicadas en el extremo norte de la bahía más próximas la zona litoral. Ver Figuras 7, 8 y 9.

Las concentraciones de los niveles observados, a excepción de la estación 14 (con 3.86 mg/L), tanto en la capa superficial y de fondo, son indicadoras de características del desarrollo de un ecosistema acuático marino estable. Comparados con los estándares de calidad ambiental de agua, muestra concentraciones óptimas para el buen desarrollo de la actividad biológica del medio, donde las concentraciones de superficie y fondo (promedio de 7.16 mg/L) estuvieron por encima del límite establecido para las aguas marinas de las categorías 1, 2 y 4 del D.S. 002-2008-MINAM y en los niveles de superficie de las estaciones 10 y 14 del área de estudio muestreada. Las concentraciones de oxígeno estuvieron como promedio entre 3.8 y 4.0 mg/L, registrándose áreas con ligeras deficiencias de oxígeno, pero también pueden considerarse como indicadoras de una aceptable calidad del medio marino. (Ver Figura 6, 7, 8 y anexo 1).

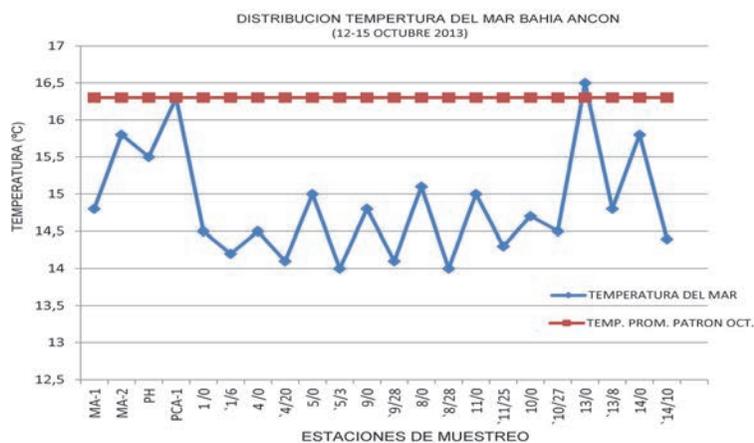


Figura N° 6. Temperatura superficial del mar. Fuente: Elaboración propia

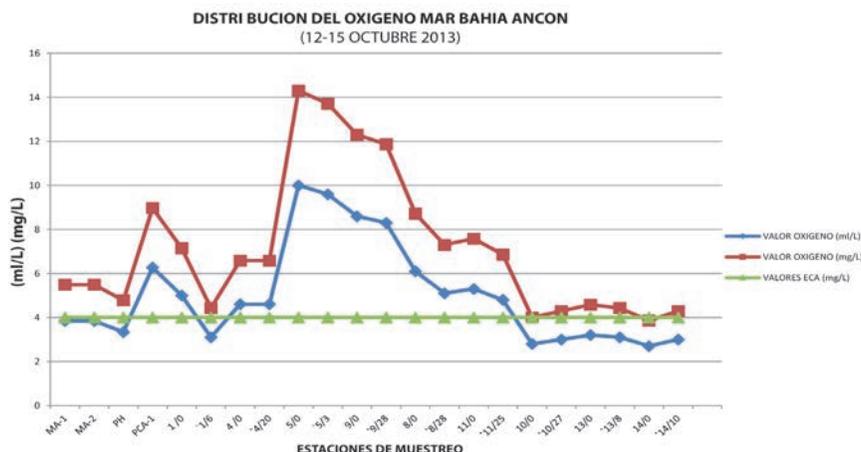


Figura N° 7. Distribución del oxígeno superficial y fondo comparada con el ECA D.S. 002-2008 –MINAM. Fuente: Elaboración propia

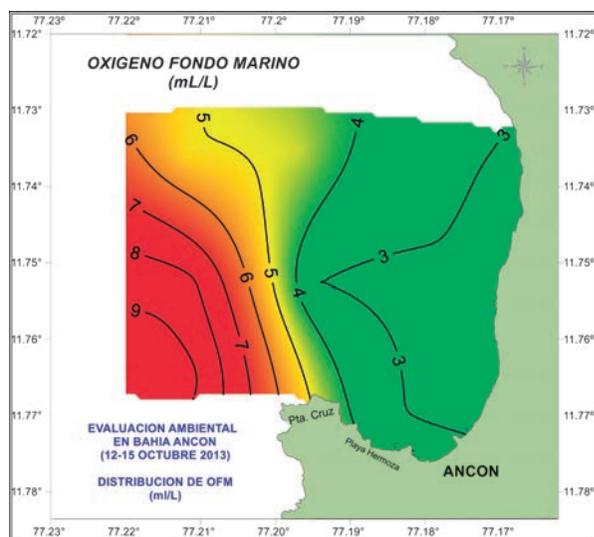


Figura N° 8. Distribución del oxígeno superficial del mar en bahía Ancón 12-15 octubre de 2013. Fuente: Elaboración propia

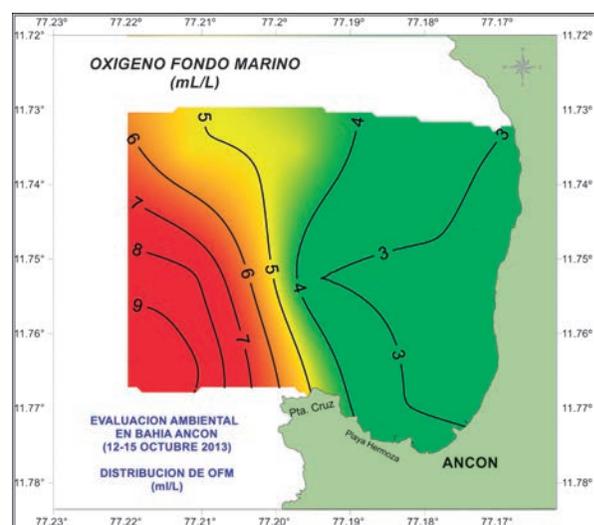


Figura N° 9 Distribución del Oxígeno superficial del Mar en Bahía Ancón 12-15 octubre de 2013. Fuente: Elaboración propia

2.1.3.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

La DBO5 es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, y se utiliza para determinar el grado de contaminación del medio acuático. Mide el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se han inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos. Normalmente se mide transcurridos 5 días (DBO_5), para el presente caso se presentan la DBO_5 de la zona litoral o intermareal. Los resultados fueron de 0.35 mg/l en la estación PH a 4.25 mg/L en la estación MA-2,

en MA-1 presentó 4.14 mg/L y en la estación CA-1 con 2.17 mg/L. En las estaciones circundantes al muelle de pescadores, estos dos registros están próximos a superar ligeramente los ECA fijados en el D.S. 002-2008 MINAN para las categoría 1, subcategoría B1 y subcategoría B2; la estación PH y CA-1 no superaron los ECA señalados. Ver Figura N° 10.

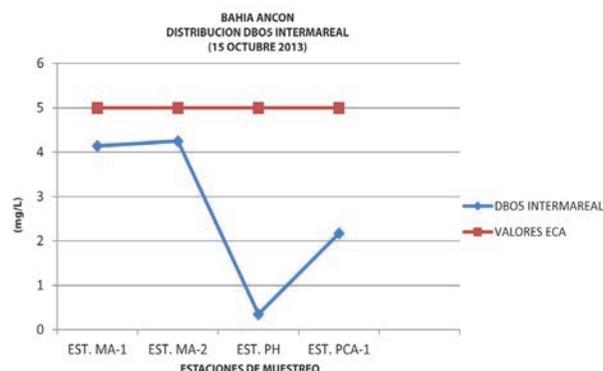


Figura N° 10. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en zona intermareal B. Ancón. Fuente: Elaboración propia

2.1.3.3. Sólidos totales suspendidos (STS)

Los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante. También está relacionada con la transparencia del agua de mar. Se distribuyó en las capas superficial y de fondo entre 7.8 y 30.3 mg/L, valores considerados muy por debajo de los estándares de calidad ambiental (ECAA) para las aguas marinas de la categoría 2 (indica valores de 50 y 70 mg/L) y categoría 4 (indica valores de 30 mg/L). Ver Figuras N° 11 y 12.

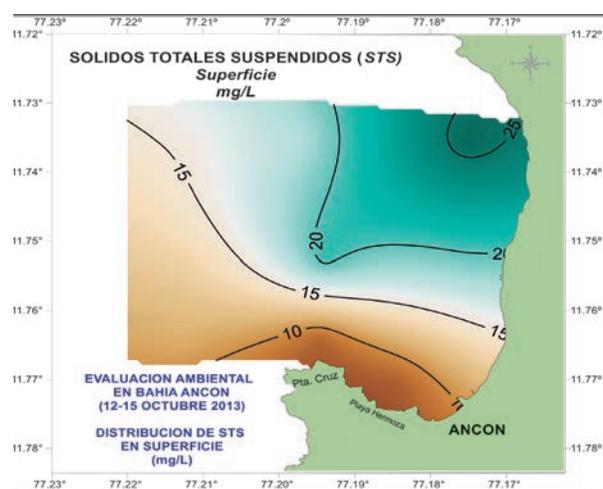


Figura N° 11. Distribución del STS superficial del mar en bahía Ancón. Fuente: Elaboración propia

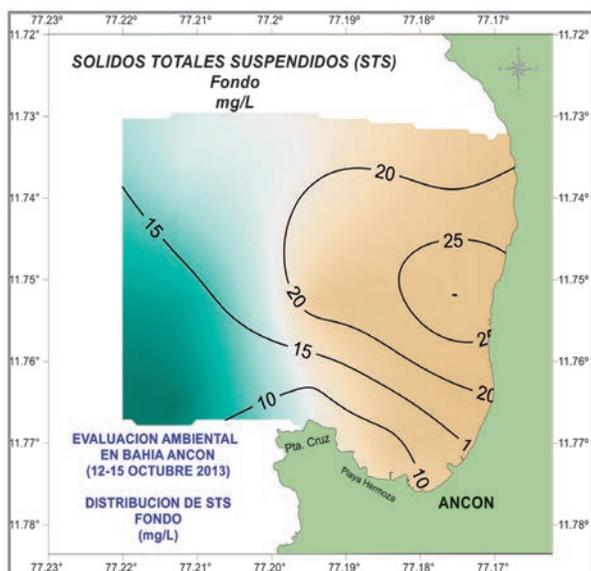


Figura N° 12. Distribución del STS de fondo del mar en bahía Ancón 12-15 octubre de 2013. Fuente: Elaboración propia

2.1.3.4. Potencial Hidronio (pH)

Es uno de los parámetros químicos considerado muy importante, puesto que determina la condición ácida, neutra o básica del agua y, por lo tanto, determina la presencia de organismos. Este parámetro presentó valores entre 7.4 y 7.9, con una media de 7.63 unidades de pH. La característica de la distribución de este parámetro es que en la mayoría de los puntos y niveles de muestreo los valores estuvieron dentro de los ECA, es decir, entre 6.8 (valor mínimo) y 8.5 (valor máximo) para las aguas marinas de las categorías 1, 2 y 4 (ver Figura 13 y 14).

2.1.4. Distribución de los nutrientes fosfatos, silicatos nitratos y nitritos

Los nutrientes en agua mar son iones pertenecientes al grupo de los constituyentes secundarios o las sales secundarias disueltas en agua de mar que son utilizadas por los organismos fotosintetizadores o integrantes del primer eslabón de la cadena trófica (fitoplancton y algas) para formar su estructura celular y para los procesos de metabolismo de las especies. Tabla N° 3.

El fosfato $PO_4\text{-P}$ está disponible para todos los organismos del fitoplancton. Se distribuyó con concentraciones entre 5.68 y 1.61 $\mu\text{mol/L}$, con una media de 3.05 $\mu\text{mol/L}$ en la capa superficial y con concentraciones de 2.92 a 2,95 $\mu\text{mol/L}$ en la capa de fondo, concentraciones que

en cuatro estaciones sobrepasan los límites de los rangos normales para el desarrollo de un ecosistema marino estable y muy, por lo tanto, de los ECA de las aguas marinas categoría 4 Conservación de ambiente acuático marino, que exige rangos máximos permisibles de 0.031 a 0.093 mg/L de fosfatos. Los valores altos de fosfatos (>5.0 de $\mu\text{mol/L}$) que indicarían acumulación de materia orgánica de fuentes antrópicas se ubican en la zona alrededor del muelle Ancón, estaciones MA1 y MA2 y las estaciones marinas 4 y 5, que se ubican en el extremo oeste del límite sur de la bahía de Ancón, donde se aprecian los aportes de materia orgánica que provienen del río Rímac, Chillón y colector de Comas (ver Figura 15, 16 y anexo 1).

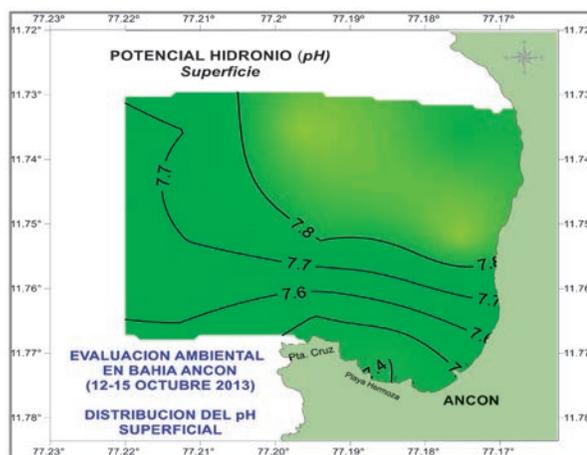


Figura N° 13. Distribución superficial de valores de pH en bahía Ancón 12-15 octubre 2013. Fuente: Elaboración propia

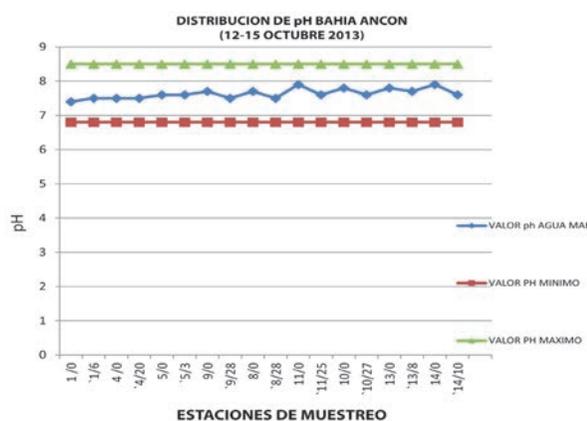
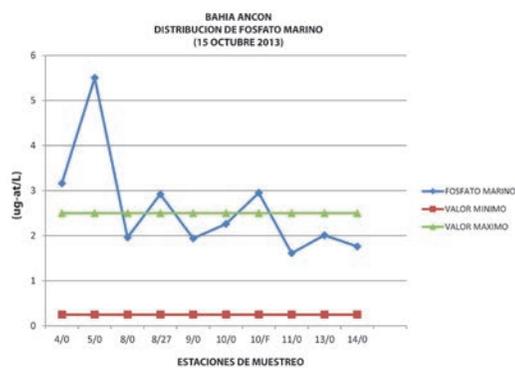


Figura N° 14. Distribución superficial de valores de pH con ECA de pH en Bahía Ancón 12-15 octubre 2013. Fuente: Elaboración propia

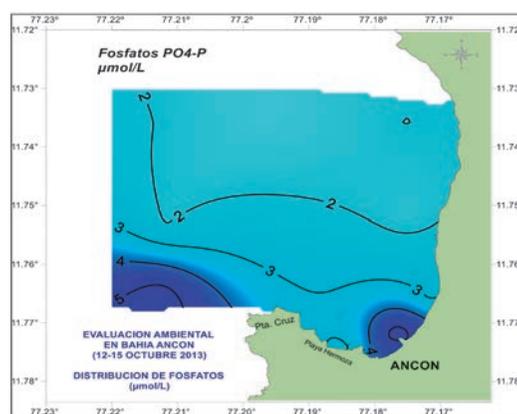
Tabla N° 3. Resultados de análisis de nutrientes de bahía de Ancón del 12 – 15 de octubre 2013

Est.	Fecha	POSICIONES GEOGRÁFICAS		P04	SiO3	N03	N02
		LATITUD	LONGITUD	($\mu\text{mol/L}$)	($\mu\text{mol/L}$)	($\mu\text{mol/L}$)	($\mu\text{mol/L}$)
MA-1	12/10/2013	11° 46' 20.9''	77° 10' 35.9''	5.68	29.84	11.2	1.63
MA-2	12/10/2013	11° 46' 21.2''	77° 10' 35.9''	5.01	30.92	7.88	1.12
PCA-1	12/10/2013	11° 45' 56.9''	77° 10' 18.3''	2.98	26.39	4.1	0.66
PH-1	12/10/2013	11° 46' 28.0''	77° 11' 05.0''	2.82	22.07	2.68	0.48
4/0	15/10/2013	11° 45' 51.0''	77° 11' 40.8''	3.16	13.11	0.39	0.07
5/0	15/10/2013	11° 45' 55.0''	77° 12' 45.6''	5.5	12.92	0.97	0.2
8/0	15/10/2013	11° 44' 08.0''	77° 12' 43.0''	1.96	35.87	0.71	0.4
8/27	15/10/2013	11° 44' 08.0''	77° 12' 43.0''	2.92	10.67	1.67	0.28
9/0	15/10/2013	11° 41' 11.0''	77° 12' 40.0''	1.94	25.6	0.38	0.27
10/0	15/10/2013	11° 45' 09.4''	77° 11' 38.6''	2.26	10.48	0.56	0.12
10/F	15/10/2013	11° 45' 09.4''	77° 11' 38.6''	2.95	9.18	0.76	0.45
11/0	15/10/2013	11° 44' 06.8''	77° 11' 49.0''	1.61	26.7	0.27	0.14
13/0	15/10/2013	11° 44' 08.4''	77° 10' 31.7''	2.01	3.12	0.1	0.05
14/0	15/10/2013	11° 45' 07.7''	77° 10' 31.7''	1.76	4.34	0.15	0.05

Fuente: Elaboración propia


Figura N° 15. Distribución del fosfato y valores ECA en Bahía Ancón.

Fuente: Elaboración propia


Figura N° 16. Distribución del fosfato superficial en Bahía Ancón 12-15 octubre 2013.

Fuente: Elaboración propia

El silicato $\text{SiO}_3\text{-Si}$, disponible para todos los organismos del fitoplancton, principalmente las diatomeas, se distribuyó con concentraciones entre 3.12 y 35.87 $\mu\text{mol/L}$, con una media de 20.11 $\mu\text{mol/L}$ en la capa superficial, con 09.18 a 10.68 $\mu\text{mol/L}$ en la capa del fondo. La mayor parte de registros de estos valores están dentro del rango normal para el desarrollo del ecosistema marino estable propios de aguas costeras frías, a excepción de las estaciones MA1, MA2, 08, 09 y 11, que superan el rango normal de distribución, probablemente por acumulación de carga orgánica proveniente de fuentes antrópicas (Ver Figuras N° 17, 18 y Anexo - 1).

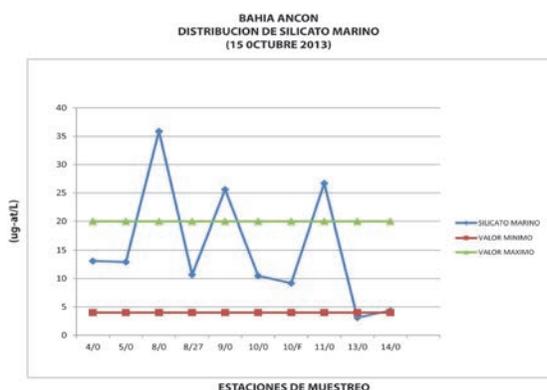


Figura N° 17. Distribución del silicato y valores ECA en agua de mar bahía Ancón. Fuente: Elaboración propia

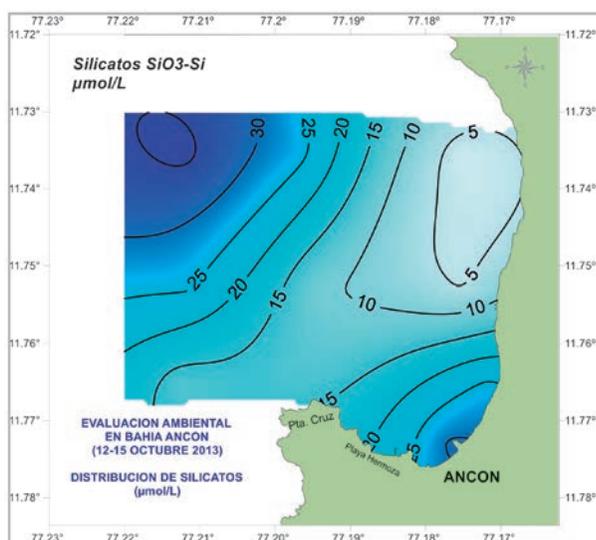


Figura N° 18. Distribución del silicato superficial en agua de mar bahía Ancón. Fuente: Elaboración propia

Los nitratos $\text{NO}_3\text{-N}$ y los nitritos $\text{NO}_2\text{-N}$ también están disponibles para todos los organismos del fitoplancton. Su distribución en la presente evaluación varió entre 0.1 y 11.2 $\mu\text{mol/L}$, con una media de 2.44 $\mu\text{mol/L}$ para los nitratos y con 0.05 a 1.63 con una media de 0.43 para los nitritos. Los valores registrados en ambos parámetros se consideran como valores muy bajos en relación con los normales y/o rangos medios de un área de afloramiento

estable para el ecosistema marino, no superan ni afectan lo dispuesto en el ECAA para la categoría 1 subcategoría B1, que establece 10 mg/L, y la categoría 4 Conservación de ambiente acuático marino, que establece 0.07 a 0.280 mg/L de nitratos N-NO_3 (Ver Figura N° 19 y 20).

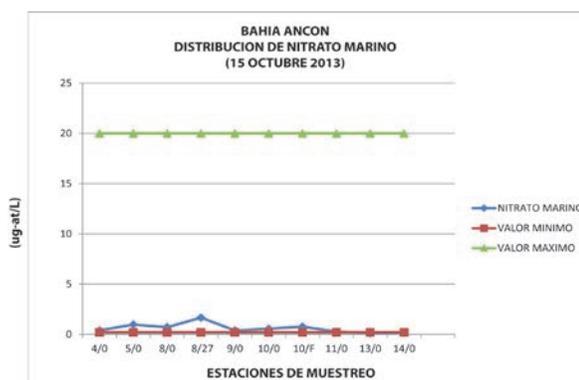


Figura 19. Distribución de los nitratos en bahía Ancón. Fuente: Elaboración propia

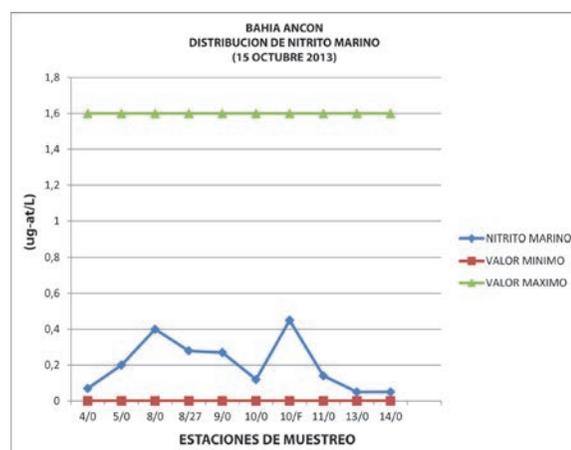


Figura 20. Distribución de los nitritos en bahía Ancón. Fuente: Elaboración propia

Es importante señalar que la distribución de los nutrientes principales como fosfatos ($\text{PO}_4\text{-P}$), silicatos ($\text{SiO}_3\text{-Si}$), nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$) y nitritos ($\text{NO}_2\text{-N}$) condicionan los niveles de alta y baja productividad del ecosistema marino peruano. Así podemos indicar que los fosfatos con concentraciones superiores a 1.5 $\mu\text{mol/L}$ son indicativos de un área de alta productividad biológica, menores de 0.5 $\mu\text{mol/L}$ representan zonas pobres o de limitada productividad biológica y concentraciones mayores de 6.0 $\mu\text{mol/L}$ indican áreas con proceso de eutrofización o contaminadas por exceso de acumulación de materia orgánica, donde los organismos no pueden desarrollarse normalmente; en el caso de los silicatos, concentraciones de 15.0 – 25.0 $\mu\text{mol/L}$ representan condiciones de alta productividad, menores de 5.0 $\mu\text{mol/L}$ son de baja o pobre condición y mayores de 40 – 60 $\mu\text{mol/L}$ indican que el área está eutroficada; en el caso de los nitratos, los rangos de 10 a 20 $\mu\text{mol/L}$ indican alta productividad, menores de 5.0 $\mu\text{mol/L}$ son pobres y mayores de 40 $\mu\text{mol/L}$ son condiciones de eutrofización.

Distribución de los *coliformes fecales*. Presentó ausencia en NMP en estaciones donde el ecosistema al parecer funciona normalmente; pero en zonas como las ubicadas próximas al muelle Ancón, donde las actividades de carga y descarga de la pesca artesanal influyen considerablemente con aporte de carga orgánica, se encontraron valores de 3100 (Estación MA1) y 3010 (Estación MA2) NMP de *coliformes fecales* y en la zona ubicada en el extremo sur de la bahía de Ancón, donde se reciben los aportes del río Rímac, Chillón y colector de Comas (Estación 1), se encontraron 2000 NMP de *coliformes fecales*, coincidente con los registros más altos de fosfatos y silicatos que indicarían un proceso de desarrollo de eutrofización en esas zonas.

IV. CONCLUSIONES

La distribución de la temperatura superficial registró valores de 14.8 a 16.3°C en la zona litoral y de 14.5 a 16.5°C en la parte marina, con un promedio de 15.7°C ligeramente por debajo del promedio patrón para la zona de -0.6°C

Los valores de oxígeno, DBO y sólidos suspendidos nos indican que la calidad del agua de la bahía está en condiciones relativamente normales en relación con los valores establecidos en el ECA de agua.

Respecto a los nutrientes, la distribución de los principales nutrientes fosfatos y silicatos, en algunas estaciones presentan indicios de procesos de eutrofización y los nitratos y nitritos en la zona de evaluación están en concentraciones muy bajas de los rangos normales de un área o zona de condiciones buenas para el desarrollo de una alta productividad biológica, debido probablemente a procesos de acumulación de materia orgánica por la actividades antrópicas de la zona o por influencia de los aportes de los ríos Chillón, Rímac y/o el aporte del colector de Comas, que llegan a la bahía Ancón por efecto de las corrientes marinas por su proximidad al Callao.

En la zona del extremo sur, donde se aprecia el aporte de carga orgánica los ríos Rímac, Chillón y colector de Co-

mas, así como en la zona circundante al muelle artesanal de Ancón, se ubican las concentraciones altas de fosfatos y silicatos asociadas a concentraciones altas de coliformes fecales, que indican un proceso de contaminación en dichas zonas.

V. AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Académica de Ingeniería Geográfica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica y al Vicerrectorado de Investigación por el financiamiento del proyecto.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Convenio para la Protección del Medio Marino y la Zona Costera del Pacífico Sudeste. RL. N° 24926
2. **ECSA. Ingenieros. 2010.** Estudio de Impacto Ambiental para el Diseño, Ejecución y Operación del Terminal Portuario de Ancón. Ley General del Ambiente: Ley N° 28611
3. **Gallego O. Olga Lucía. 2003.** Directrices de Gestión Ambiental para Cuenca Costero Marina de la Bahía de Amatique. Caribe-Guatemala
4. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental Ley N° 28245
5. **Stefan Austermühle. 2010.** Ancón ¿Desarrollo a todo costo? Un estudio sobre las consecuencias económicas y sociales del desarrollo portuario industrial en la bahía de Ancón.
6. *Strickland and Parsons. 1972. (A Practical Handbook of Sea Water Analysis. Bull. Fish. Canada.)*
7. **Universidad de Chile. 2012.** Plan de Gestión de la Bahía de Mejillones del Sur.
8. **Zuta S. y O. Guillen 1970.** Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. Boletín IMARPE Vol. 2 N° 5 . pp 157 – 324

ANEXO N° 1: CUADRO DE PARÁMETROS CONTAMINANTES COMPARADOS CON LOS ECA EN BAHÍA ANCÓN

PARÁMETROS	UNID.	EVALUACIÓN DE CALIDAD AGUA MARINA BAHÍA ANCÓN CON ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL D. S. N° 002-2008-MINAM										ESTACIONES DE MUESTREO EN BAHÍA ANCÓN 12-15 OCTUBRE 2013													
		Cat. 2 - Actividades Marino Costeras			Cat. 4 Conserv. Amb. Acuát.			Ecosistema litoral				Ecosistema Marino Bahía Ancón													
		Sub cat. 1	Sub cat. 2	Sub cat. 3	C3	Estua.	Mari	MA-1	MA-2	E-PH	ECA-1	E-1	E-4	E-5	E-8	E-9	E-10	E-11	E-13	E-14					
FISICOQUÍMICOS																									
D.B.O5	mg/L		10,0	10,0	15	10	4,14	4,25	0,35	2,17															
Fosfatos(P-PO4)	µmol/L				0,2-2,5		5,68	5,01	2,82	2,98		3,16	5,5	1,96	1,94	2,95	1,61			1,76					
Silicatos (Si-SiO3)	µmol/L				4,0 - 25,0		29,84	30,92	22,07	26,39		13,11	12,82	35,83	25,6	09,18	26,7	3,12		4,34					
Nitratos-(NO3-N)	µmol/L				2,0 - 25,0		11,2	7,88	2,68	4,1		0,39	0,97	0,71	0,38	0,76	0,27	0,1		0,15					
Nitritos (NO2-N)	µmol/L				0,1	1,5	1,63	1,12	0,48	0,66		0,07	0,2	0,4	0,27	0,45	0,14	0,05		0,05					
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥3	≥2,5	≥4	≥4	5,49	5,49	4,78	8,17	7,15	5,58	14,3	8,72	12,5	4,0	7,58	4,58		3,86					
pH	Un. pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5	≥4	6,8 - 8,5						7,5	7,6	7,7	7,7	7,8	7,9	7,8		7,9					
Sól. Susp. Totales	mg/L		50,0	70,0	≤25 - 100	30,00						8,2	11,0	15,4	13,3	20,6	17,8	25,7		19,8					
Temperatura	Celsius				***delta 3 °C		14,8	15,8	15,5	16,3	14,5	14,5	15,0	15,1	14,8	14,7	15,0	16,5		15,8					
MICROBIOLÓGICOS																									
Coliformes Totales	NMP/100 mL				2000	≤30	3100	3010	AUS	AUS	AUS	2000		AUS		AUS									
Valores por encima del ECA																									
Valor debajo del ECA																									

C1: Extracción y cultivo de moluscos bivalvos

C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas

C3: Agua de mar - Otras actividades